第 8 講　宇宙と地球の誕生

PART1 宇宙の誕生

目標　ビッグバンとそれにともなう元素の生成について，順を追って説明できる

Chapter1　宇宙の誕生

1　銀河　復習

・**銀河と銀河系（中学理科）**

恒星……太陽のように，自ら光を放つ天体。

銀河……恒星が数千億個集まったもの。

銀河系…太陽の属する銀河。恒星のほとんどは円盤状の部分に分布し，それを円盤の中にいる地球から見たものが天の川。

2　ビッグバン宇宙論

私たちの生きるこの世界がどのようにしてできたのか，ということは，人類にとっての謎であり続けてきました。

→　現時点で，宇宙の歴史についてどのようなことがわかっているのでしょうか？

・**膨張する宇宙　【発展】**

地球から見ると，ほとんどの銀河は遠ざかっていくように見える。

→　宇宙空間自体が膨張している！

→　過去には宇宙は今より小さく，ずっとさかのぼると 1 点 !?

・**ビッグバン**

今から約（46 / 138）億年前，宇宙は超高温，超高密度の点のような状態から始まった。これをビッグバンとよぶ。

講師からのMessage

このPARTでは，地学基礎の教科書によっては扱われていない内容（**【発展】**の内容）も学習します。

どうしてビッグバンという考え方が生まれたのか，ということを理解するうえで重要な内容なので，敬遠せずに取り組んでくださいね！

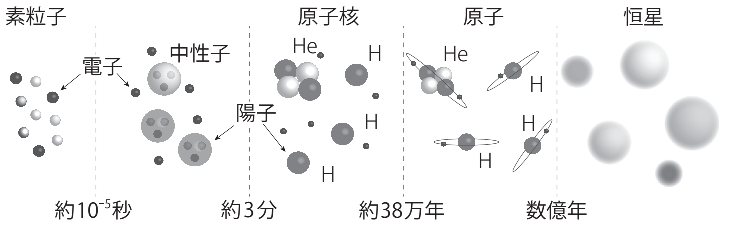
復習

元素記号（中学理科）

天文分野では，いくつかの限られた元素がしばしば出てきます。漢字やカタカナで書くより元素記号で書く方が楽なので，ぜひ覚えておきましょう！

H: 水素

He: ヘリウム



ビッグバンからの時間

- **ビッグバンの元素合成**

宇宙は膨張するにつれて冷えていった。

温度が下がると粒子どうしが結びついて，ビッグバンから

約10万分の1秒後…素粒子→陽子や中性子

約3分後……………陽子2つと中性子2つ→Heの原子核

約38万年後………HやHeの原子核と電子→HやHeの原子

というように，単純なものから複雑なものへと順番に形成された。

- **宇宙の晴れ上がり**

私たちは，電磁波を用いて宇宙を観測している。

宇宙空間を電子が自由に飛び回っていると，電子に邪魔をされて電磁波が直進できない。

ビッグバンの約38万年後には，電子が原子核のまわりを回るようになり，自由に飛び回る電子がほとんどなくなった。これにより，発せられた光がまっすぐ遠くへ届くようになった。このできごとを宇宙の晴れ上がりとよぶ。

まとめ

宇宙は今から約＿＿＿＿億年前に超高温・超高密度の点のような状態から始まった。これを＿＿＿＿＿＿＿＿とよぶ。
宇宙誕生直後には宇宙には素粒子が分かれた状態で存在していた。そこから複雑な粒子が順に形成されていき，宇宙誕生から約＿＿＿＿年後にはHやHeの原子が形成されて，自由に飛び回る電子がほとんどなくなった。このできごとを＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿とよぶ。

知っておこう

水素（H）の原子核

原子核は，原則として陽子と中性子が集まったものです。水素Hの原子核は例外で，中性子をもたず，1つの陽子だけで原子核となっています。

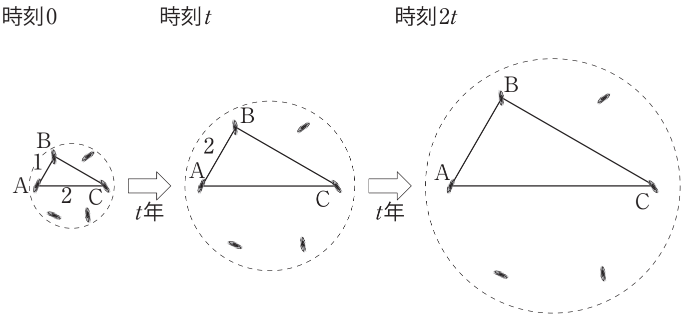
よって，ビッグバンから約3分後になってHeの原子核が作られると，宇宙は「陽子とHe原子核と電子の時代」になったともいえますが，「HやHeの原子核と電子の時代」になったともいえるわけです。

☞ 素粒子など，物質の成り立ちについては第12講「地学基礎のための物理」で扱っています！

Chapter2　演習問題

□　宇宙膨張とビッグバン【発展】

銀河が地球から遠ざかっていることから，ビッグバンという考え方が生まれたのはなぜでしょうか。単純化した例をもとにして，確認してみましょう。



問題(1)　上の図は，宇宙が膨張することによって，3つの銀河のつくる三角形ABCが大きくなっていくようすを示しています。

(a)　時刻0にAB＝1であり，時刻tにAB＝2であることをもとにして，Aから見たときにBの遠ざかる速さ（1年あたりの距離）を求めましょう。

(b)　(a)の速さが一定だと仮定して，時刻$2t$におけるABの長さを求めましょう。

問題(2)　時刻0の三角形ABCと時刻tの三角形ABCが相似だと考えて，時刻tにおけるACの長さを求めましょう。

復習

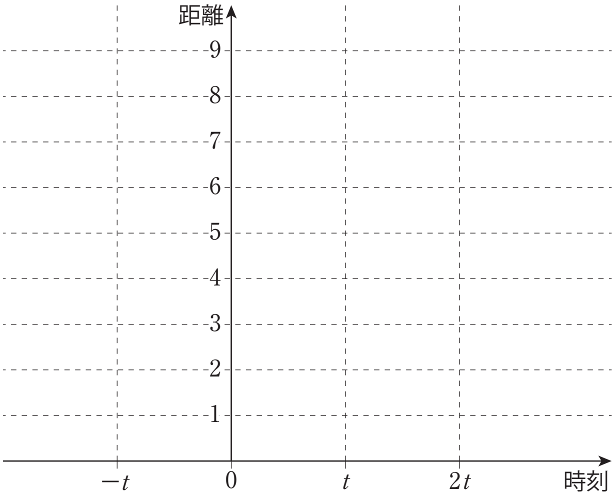
相似（中学数学）

形が同じで大きさだけが異なる図形の関係を相似といいます。

相似な図形どうしを比べると，ある辺の長さがx倍になっていれば，他の辺の長さもx倍になっています。

問題⑶　⑴と同様に考えて，Aから見たときにCの遠ざかる速さと，時刻 $2t$ における AC の長さを求めましょう。

問題⑷　⑴，⑵，⑶の結果を，次のグラフに示してみましょう。時刻 0，t，$2t$ における AB の長さを●，AC の長さを○で表してください。



問題⑸　時刻 0 から $2t$ までと同じように宇宙は膨張し続けていると仮定しましょう。このとき，過去（時刻 0 より前）の宇宙についてどのようなことが推測できるでしょうか。⑷のグラフをもとに，簡単に説明してください。

ここがPOINT

⑷は時刻 0 から $2t$ までの AB や AC の長さを表しています。過去について考えたいので，点を線で結んで左側にのばしてみましょう！

第 8 講　PART1　確認問題

問 1　宇宙は今から約（　ア　）年前に ${}_{a}$点のような状態から始まったと考えられている。このビッグバン以来，宇宙は膨張し続けている。また，膨張にともなって宇宙が冷えるにしたがって粒子どうしが結びつき，${}_{b}$さまざまな原子核や原子が，単純なものから複雑なものへと順番に形成された。原子核と電子が結合して原子が形成されると，自由に飛び回って光の直進を遮っていた電子がなくなり，発せられた光がまっすぐ遠くへ届くようになった。このことを ${}_{c}$宇宙の晴れ上がりという。

(1)　空欄アにあてはまる数値として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　138　　②　138 万　　③　138 億　　④　138 兆

(2)　下線部 a について，このときの温度と密度の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　超高温，超高密度　　②　超高温，超低密度
③　超低温，超高密度　　④　超低温，超低密度

(3)　下線部 b について，水素の原子核は宇宙誕生からどれくらい経った頃に形成されたか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　約 10^{-5} 秒後　　②　約 3 秒後　　③　約 3 分後　　④　約 3 時間後

(4)　下線部 b について，水素の次に形成された原子核は何の原子核か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　炭素　　②　酸素　　③　鉄　　④　ヘリウム

(5)　下線部 c について，宇宙の晴れ上がりは宇宙誕生からどれくらい経った頃に起こったか。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選びなさい。

①　約 38 分後　　②　約 38 年後　　③　約 38 万年後　　④　約 38 億年後

< Note >

第８講　宇宙と地球の誕生

PART1　宇宙の誕生

問題(1)　(a) $\frac{1}{t}$　(b) 3

問題(2)　4

問題(3)　$\frac{2}{t}$，6

問題(4)　【※図参照】

問題(5)　時刻$-t$にはABもACも長さが0だと考えられる。つまり，時刻$-t$には3点A，B，Cが1点に集中していたことが推測できる。

PART2　太陽系の誕生

問題(1)　原始太陽系円盤

問題(2)　微惑星

問題(3)　原始惑星

問題(4)　太陽の近くではおもにケイ酸塩からなるが，太陽からある程度以上離れた場所では氷も多く含まれている。

問題(5)　X：Q　Y：R　Z：P

PART3　太陽系の惑星

問題(1)　２乗，比例

問題(2)　水蒸気，氷，水星

問題(3)　地球は表面に液体の水をもつために十分な質量をもち，その水が液体の状態に保たれるような適度な太陽からの距離の場所に位置しているから。

第 8 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

宇宙は今から約 138 億年前にビッグバンにより誕生したと考えられている。

(2)　①

解説：

宇宙は膨張を続けており，最初は超高温・超高密度の 1 点から始まったと考えられている。

(3)　①

解説：

水素の原子核はビッグバンから 10^{-5} 秒後に形成されたと考えられている。

(4)　④

解説：

ビッグバンから約 3 分後，2 個の陽子と 2 個の中性子からヘリウムの原子核が形成された。

(5)　③

解説：

宇宙の晴れ上がりは，ビッグバンから約 38 万年後に起こった。